

10/16/01
Mewi

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2000年 7月10日

出 願 番 号

Application Number:

特願2000-208070

出 願 人

Applicant(s):

豊田合成株式会社



CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

2001年 5月31日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3049673

【書類名】 特許願

【整理番号】 P0213

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01L 33/00

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑 1 番地 豊田合成株式会社内

【氏名】 上村 俊也

【特許出願人】

【識別番号】 000241463

【氏名又は名称】 豊田合成株式会社

【代理人】

【識別番号】 100095577

【弁理士】

【氏名又は名称】 小西 富雅

【選任した代理人】

【識別番号】 100114362

【弁理士】

【氏名又は名称】 萩野 幹治

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 045908

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0002877

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 III族窒化物系化合物半導体発光素子

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 発光層を含む半導体積層部と、

該半導体積層部の発光観測面から形成され、少なくとも前記発光層まで達する溝と、を備えてなるIII族窒化物系化合物半導体発光素子。

【請求項 2】 前記発光観測面に前記溝が均等に分配されている、ことを特徴とする請求項 1 に記載のIII族窒化物系化合物半導体発光素子。

【請求項 3】 前記溝はエッチングにより形成されたものである、ことを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載のIII族窒化物系化合物半導体発光素子。

【請求項 4】 n型台座電極形成面と前記溝の底が同じ高さである、ことを特徴とする請求項 3 に記載のIII族窒化物系化合物半導体発光素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】

本発明はIII族窒化物系化合物半導体発光素子に関する。

【0002】

【従来の技術】

III族窒化物系化合物半導体は発光ダイオード等の発光素子に用いられる。かかる発光素子では、例えばサファイア製の基板表面に素子機能を有するIII族窒化物系化合物半導体層をエピタキシャル成長させた構成である。発光ダイオードを例にとれば、基板の上にn型クラッド層\発光層\p型クラッド層を順次積層した構成である。サファイア基板は絶縁性であるため、正電極及び負電極を一の面側から取り出す必要がある。負電極（n型台座電極）を設けるために、n型クラッド層の下にはコンタクト層が形成され、その一部がエッチングにより表出される。p型のIII族窒化物系化合物半導体層は一般に高抵抗であるため、p型クラッド層の上に正電極（p型台座電極）を設けただけではp型クラッド層の全域に電流が分散されない。

【0003】

そこで従来から、p型クラッド層の全面に透光性電極を貼着している。かかる透光性電極とp型クラッド層との間にp型コンタクト層を設ける場合もある。

発光層から放出された光は、p型半導体層及び透光性電極を通過して外部へ放出される。つまり、透光性電極は光軸方向に向って配置され、この透光性電極が発光観測面となる。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

発光素子にはより高い発光出力が求められている。そのため種々の改良がなされてきた。本発明者は特願2000-131937号（出願人整理番号：990589、代理人整理番号：P0205）及び特願2000-154184号（出願人整理番号：990595、代理人整理番号：P0206）において、素子横方向に対する光の放出量が多いことに着目して、この素子の側面から放出される光を光軸方向へ効率良く反射させる構成を提案している。

後者の出願においては素子の周縁へ機械的に溝を設け、当該溝に表出した発光層から素子の横方へ放出された光を溝の側面を利用して光軸方向へ反射させる構成を提案している。

この発明も素子から横方向へ放出される光に着目し、これを利用して素子全体の発光効率乃至発光出力を向上させることを目的とする。

【0005】

【課題を解決するための手段】

この発明は上記目的を達成するためになされたものであり、その構成は次の通りである。即ち、

発光層を含む半導体積層部と、

該半導体積層部の発光観測面から形成され、少なくとも前記発光層まで達する溝と、を備えてなるIII族窒化物系化合物半導体発光素子。

【0006】

このように構成されたIII族窒化物系化合物半導体発光素子によれば、溝の側面に発光層が表出するので、当該発光層から溝内へ放出された光は溝の周面で反射され発光観測面に形成された溝の開口部から光軸方向へ放出される。発光層か

ら直接横方向（本発明の場合は溝内方向）へ放出される光の単位面積当たりの強さは発光観測面側のそれに比べて極めて大きい。従って、溝の開口部から放出される光の量は当該開口部の面積に等しい面積の発光観測面から放出される光の量より大きい。よって、溝により発光層の面積が減少したとしても、溝から放出される大量の光により、発光観測面から放出される光の総量は増大する。これにより、高い出力を達成できる。

【0007】

次に、この発明の要素について詳細に説明する。

半導体積層部は複数のIII族窒化物系化合物半導体層を積層してなり、その中に発光層を含む。この明細書において、III族窒化物系化合物半導体は一般式として $Al_xGa_yIn_{1-x-y}N$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$, $0 \leq x+y \leq 1$) で表され、 AlN 、 GaN 及び InN のいわゆる2元系、 $Al_xGa_{1-x}N$ 、 $Al_xIn_{1-x}N$ 及び $Ga_xIn_{1-x}N$ （以上において $0 < x < 1$ ）のいわゆる3元系を包含する。III族元素の一部をボロン（B）、タリウム（Tl）等で置換しても良く、また、窒素（N）の一部もリン（P）、ヒ素（As）、アンチモン（Sb）、ビスマス（Bi）等で置換できる。III族窒化物系化合物半導体層は任意のドーパントを含むものであっても良い。n型不純物として、Si、Ge、Se、Te、C等を用いることができる。p型不純物として、Mg、Zn、Be、Ca、Sr、Ba等を用いることができる。なお、p型不純物をドーブした後にIII族窒化物系化合物半導体を電子線照射、プラズマ照射若しくは炉による加熱にさらすことも可能である。III族窒化物系化合物半導体層の形成方法は特に限定されないが、有機金属気相成長法（MOCVD法）のほか、周知の分子線結晶成長法（MBE法）、ハライド気相成長法（HVPE法）、スパッタ法、イオンプレーティング法、電子シャワー法等によっても形成することができる。

なお、発光素子の構成としては、MIS接合、PIN接合やpn接合を有したものや、ホモ構造、ヘテロ構造若しくはダブルヘテロ構造のものを用いることができる（これらの場合、発光に寄与する層を発光層という）。発光層として量子井戸構造（単一量子井戸構造若しくは多重量子井戸構造）を採用することもでき

る。

【0008】

半導体積層部の発光観測面側から形成される溝は少なくとも発光層まで達してこれを溝の側面へ表出させる。これにより、発光層の表出した部分で生成された光は溝内へ放出され、溝の周壁で反射して溝の開口部から外部へ放出されることとなる。

溝の幅は特に限定されるものではないが、 $0.5 \sim 30 \mu\text{m}$ とするすることが好ましい。下限値未満の幅ではその側壁から放出された光の大部分がIII族窒化物系化合物半導体層に吸収されて発光観測面側の開口部から外部へ放出される光の量が不十分になる恐れがある。また、上限値を超える幅では何ら発光に寄与しない溝の底部の影響が現れるので好ましくない。なお、更に好ましい溝の幅は $1 \sim 25 \mu\text{m}$ であり、更に更に好ましくは $1.5 \sim 20 \mu\text{m}$ であり、更に更に更に好ましくは $2 \sim 15 \mu\text{m}$ であり、最も好ましくは $3 \sim 10 \mu\text{m}$ である。

溝の幅は発光観測面の平面方向において均一である必要はなく、また、深さ方向においても均一である必要はない。断面V字状の溝を採用することもできる。

【0009】

ただし、発光観測面において溝は実質的に均等に分配されていることが好ましい。つまり、溝の偏在を禁止することにより、溝から漏れ出る光が発光観測面において均等に分配され、もって発光の偏りを防止できる。

【0010】

かかる溝の形成方法は特に限定されるものではないが、n型台座電極形成面を表出させるときに実行するエッチングを用いることが製造プロセス共通化の点から好ましい。この場合、n型台座電極形成面と溝の底面とは実質的に同じ高さとなる。

n型台座電極形成面を形成するエッチング工程と別の工程のエッチングにより当該溝を形成することも可能である。

このようなエッチングは、アルゴン、塩素等のガスを用いたドライエッチングにより行われる。

【0011】

p 型半導体上に形成される透光性の金属電極は p 型半導体の全域に形成されるのが望ましい。III 族窒化物系化合物半導体では一般的に p 型半導体層の電気抵抗が高いため、発光層へ均一に電流を注入し、十分な発光を得るためである。透光性電極が p 型コンタクト層のエッジ部分まで形成されることにより有効発光部分が半導体積層部の側面まで達する。その結果、側面からの強い発光が得られる。

透光性電極としては、例えばコバルトと金を含んでなる合金を用いることができる。コバルトの一部をニッケル(Ni)、鉄(Fe)、銅(Cu)、クロム(Cr)、タンタル(Ta)、バナジウム(V)、マンガン(Mn)、アルミニウム(Al)、銀(Ag)のうち少なくとも一種の元素で置換し、金の一部をパラジウム(Pd)、イリジウム(Ir)、白金(Pt)のうち少なくとも一種の元素で置換することも可能である。

透光性電極は、第 1 電極層としてコバルトを 0.5 ~ 15 nm の膜厚で p 型コンタクト層の上に積層し、当該コバルト層の上に第 2 電極層として金を 3.5 ~ 25 nm の膜厚で積層する。その後、熱処理により両者を合金化させる。熱処理後において、p 型コンタクト層の表面から深さ方向の元素分布は、Co よりも Au が深く浸透した分布となる。

ここに、熱処理は酸素を含むガス中において行うことが好ましい。このとき、酸素を含むガスとしては、 O_2 、 O_3 、CO、 CO_2 、NO、 N_2O 、 NO_2 、又は、 H_2O の少なくとも一種又はこれらの混合ガスを用いることができる。又は、 O_2 、 O_3 、CO、 CO_2 、NO、 N_2O 、 NO_2 、又は、 H_2O の少なくとも一種と不活性ガスとの混合ガス、又は、 O_2 、 O_3 、CO、 CO_2 、NO、 N_2O 、 NO_2 、又は、 H_2O の混合ガスと不活性ガスとの混合ガスを用いることができる。要するに酸素を含むガスは、酸素原子、酸素原子を有する分子のガスの意味である。

熱処理時の雰囲気圧力は、熱処理温度において、窒化ガリウム系化合物半導体が熱分解しない圧力以上であれば良い。酸素を含むガスは、 O_2 ガスだけを用いた場合には、窒化ガリウム系化合物半導体の分解圧以上の圧力で導入すれば良く、他の不活性ガスと混合した状態で用いた場合には、全ガスを窒化ガリウム系化合物半導体の分解圧以上の圧力とし、 O_2 ガスは全ガスに対して 10^{-6} 程度以上の割合を有しておれば十分である。要するに、酸素を含むガスは極微量存在すれば

十分である。尚、酸素を含むガスの導入量の上限値は、p型低抵抗化及び電極合金化の特性からは、特に、制限されるものではない。要は、製造が可能である範囲まで使用できる。

熱処理に関しては、最も望ましくは、500～600℃である。500℃以上の温度で、抵抗率が完全に飽和した低抵抗のp型窒化ガリウム系化合物半導体を得ることができる。又、600℃以下の温度において、電極の合金化処理を良好に行うことができる。又、望ましい温度範囲は、450～650℃である。

詳しくは特願2000-92611号（出願人整理番号：990472、代理人整理番号：P0197）を参照されたい。

【0012】

この発明は、p型半導体上に形成される電極が透光性でない場合にも適用される。p型半導体の電気抵抗が低下し、p型半導体上にスポット的に電極を形成した場合は、従来のGaAs等と同様にpn接合面全体が発光領域となるがこの場合も多く、光が溝の側面から放出されるからである。

【0013】

【実施例】

以下、この発明の実施例について説明する。

実施例は発光ダイオードであり、そのIII族窒化物系化合物半導体層の構成を図1に示す。

【0014】

層	組成：ドーパント	(膜厚)
p型クラッド層 15	p-GaN:Mg	(0.3μm)
発光層 14	超格子構造	
量子井戸層	In _{0.15} Ga _{0.85} N	(3.5nm)
バリア層	GaN	(3.5nm)
量子井戸層とバリア層の繰り返し数：1～10		
n型クラッド層 13	n-GaN:Si	(4μm)

A1Nバッファ層 12 : A1N (60nm)
 基板 11 : サファイア (a面) (300 μ m)

【0015】

n型クラッド層13は発光層14側の低電子濃度n-層とバッファ層12側の高電子濃度n+層とからなる2層構造とすることができる。後者はn型コンタクト層と呼ばれる。

発光層14は超格子構造のものに限定されない。発光素子の構成としてはシングルヘテロ型、ダブルヘテロ型及びホモ接合型のものなどを用いることができる。

発光層14とp型クラッド層15との間にマグネシウム等のアクセプタをドーピングしたバンドギャップの広いIII族窒化物系化合物半導体層を介在させることもできる。これは発光層14中に注入された電子がp型クラッド層15に拡散するのを防止するためである。

p型クラッド層15を発光層14側の低ホール濃度p-層と電極側の高ホール濃度p+層とからなる2層構造とすることができる。後者はp型コンタクト層と呼ばれる。

上記構成の発光ダイオードにおいて、各III族窒化物系化合物半導体層は一般的な条件でMOCVDを実行して形成する。

【0016】

次に、マスクを形成してp型クラッド層15、活性層14及びn型クラッド層13の一部を反応性イオンエッチングにより除去し、n型台座電極18を形成すべきn型台座電極形成面21を表出させる(図3参照)。このn型台座電極形成面21と同時に溝23を形成する。

【0017】

ウエハの全面に、蒸着装置にて、Co(コバルト)層(1.5nm)とAu(金)層(6nm)を順次積層する。次に、フォトレジストを一様に塗布して、フォトリソグラフィにより、n型台座電極形成面21及び溝23のフォトレジストを除去して、エッチングによりその部分の透光性電極形成材料を除去し、半導体層を露出させる。その後、フォトレジストを除去する。これにより、透光性電極

16が形成される。透光性電極16を形成後に溝23を形成することもできる。

n型台座電極形成面21及び溝23の周縁部にかけて絶縁性でかつ透光性の保護膜（酸化シリコン、窒化シリコン、酸化チタン、酸化アルミニウム等）を被覆することも出来る。形成方法にはスパッタ法或いはCVD法を採用できる。

次に、リフトオフ法により、V（バナジウム）層（17.5nm）、Au層（1.5 μ m）及びAl（アルミニウム）層（10nm）を順次蒸着積層してp型台座電極19とする。

VとAlとからなるn型台座電極18も同様にリフトオフ法により形成する。

【0018】

上記のようにして得られたウエハを加熱炉に入れ、炉内を1Pa以下にまで排气し、その後10数PaまでO₂を供給する。そして、その状態で炉の温度を550℃に設定して、4分間程度、熱処理する。これにより、透光性電極16とp型台座電極17の合金化、VとAlのn型台座電極18の合金化及びそれらとp型半導体、n型半導体とのオーミック接合が形成される。

その後、ウエハを常法によりチップ毎に切り分ける。

【0019】

このように構成された実施例の発光素子1によれば、図3に示すように、溝23の側面に表出した発光層14の部分から溝23内に光が放出される。この光は溝23内で反射されて溝の開口部25から発光観測面側へ放出されることとなる。

【0020】

また、実施例の発光素子1によれば、溝23により3本の電流拡散経路161、162、163が形成されている。各電流拡散経路においてp型台座電極19に接続する端部（第1の端部）からn型台座電極18に対向する端部（第2の端部）までの距離及びその幅はほぼ等しくなるように溝23は設計されている。これにより、各電流拡散経路の電気抵抗が等しくなり、p型台座電極19から均等に電流が分配されてそれぞれの電流拡散経路からp型半導体層へ注入される電流密度が等しくなる。これにより、発光観察面において均一発光が達成される。なお、溝23で区切られた各電流拡散経路161、162、163は溝のないプレ

ーな透光性電極（従来のもの）に比べて、電気抵抗が高くなる。したがって、電流は p 型半導体層へより均等に注入されることとなる。詳しくは特願2000-192292（出願人整理番号：000035、代理人整理番号：P212）を参照されたい。

【0021】

図4、図5に他の実施例の発光素子40を示す。なお、前の実施例と同一の要素には同一の符号を付してその説明を省略する。この実施例では、発光層14を側面に表出させた半導体層のブロック41～46が複数配置されている。換言すれば、半導体積層部が格子状の溝48で区画されてブロック41～46が形成されているといえる。この溝48は少なくとも発光層14まで達する深さを有し、前の実施例と同様にエッチングにより形成することができる。従って、n型台座電極38の形成面37と同じ深さとなる。各ブロックが分離されているため、p型台座電極39からは補助電極51、52、53が延設され、もって各ブロックの透光性電極16にp型台座電極39から電流が供給される。なお、補助電極51、52、53と半導体層との間には絶縁層55が形成されている。

【0022】

この発光素子40も前の実施例の発光素子1と同様にして形成される。なお、絶縁層55を積層した後、p型台座電極39と補助電極51、52及び53が蒸着される。p型台座電極39と補助電極51、52及び53とは同一の材料により一体的に形成される。この実施例の各要素の材料は前の実施例のものと同一でよい。

このようにして形成された発行素子40によれば、各ブロック41～46の側面からの光が溝48を介して発光観測面側へ放出されることとなる。

【0023】

この発明は、上記発明の実施の形態及び実施例の説明に何ら限定されるものではない。特許請求の範囲の記載を逸脱せず、当業者が容易に想到できる範囲で種々の変形態様もこの発明に含まれる。

【0024】

以下、次の事項を開示する。

1 1 発光層を側面に表出させた半導体層のブロックを複数配列したことを特徴

とするIII族窒化物系化合物半導体発光素子。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

図 1 はこの発明の実施例の発光素子のIII族窒化物系化合物半導体層の構成を示す断面図である。

【図 2】

図 2 は実施例の発光素子の平面図を示す。

【図 3】

図 3 は図 2 におけるIII-III矢示線断面図である。

【図 4】

図 4 は他の実施例の発光素子の平面図である。

【図 5】

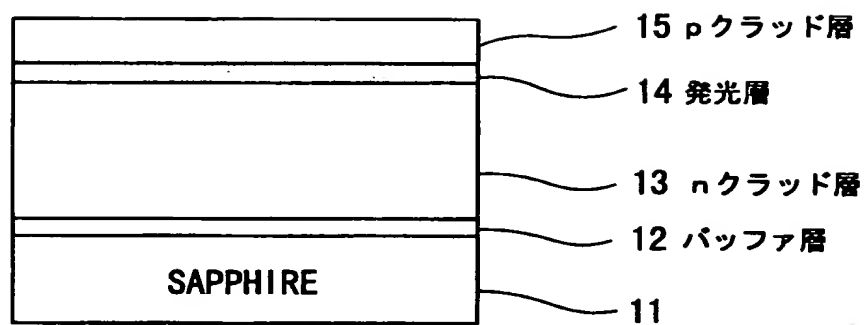
図 5 は図 4 におけるV-V矢示線断面図である。

【符号の説明】

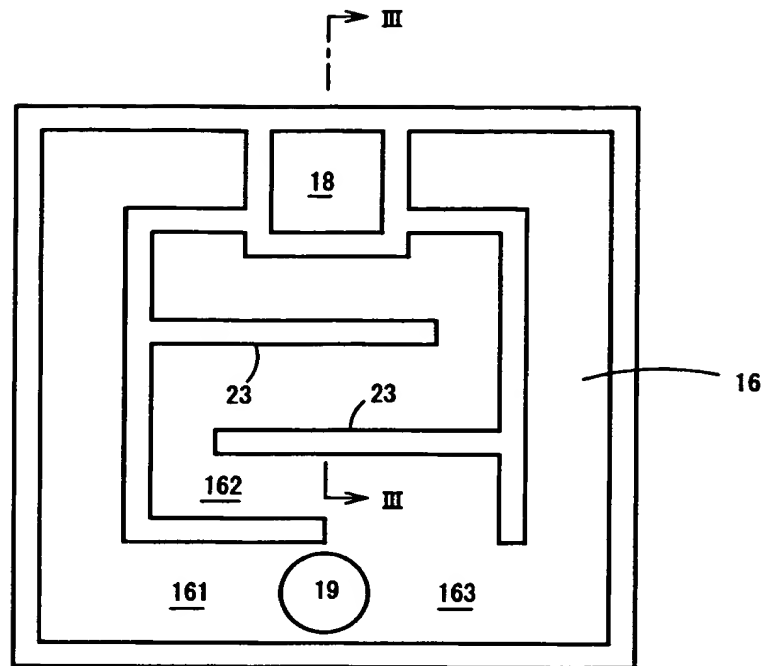
- 1、4 0 発光素子
- 1 3 n型クラッド層
- 1 4 発光層
- 1 5 p型クラッド層
- 1 6 透光性電極
- 1 8、3 8 n型台座電極
- 1 9、3 9 p型台座電極
- 2 1、3 7 n型台座電極形成面
- 2 3、4 8 溝

【書類名】 図面

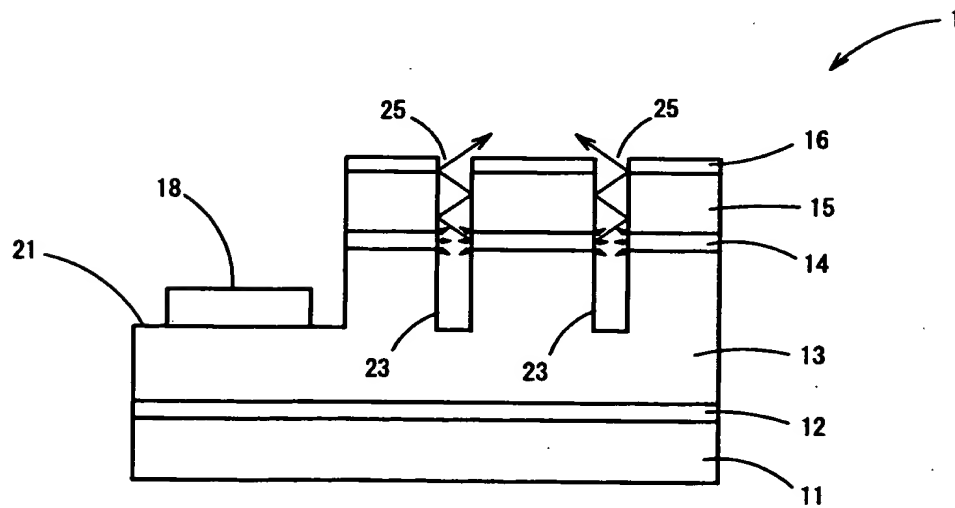
【図 1】



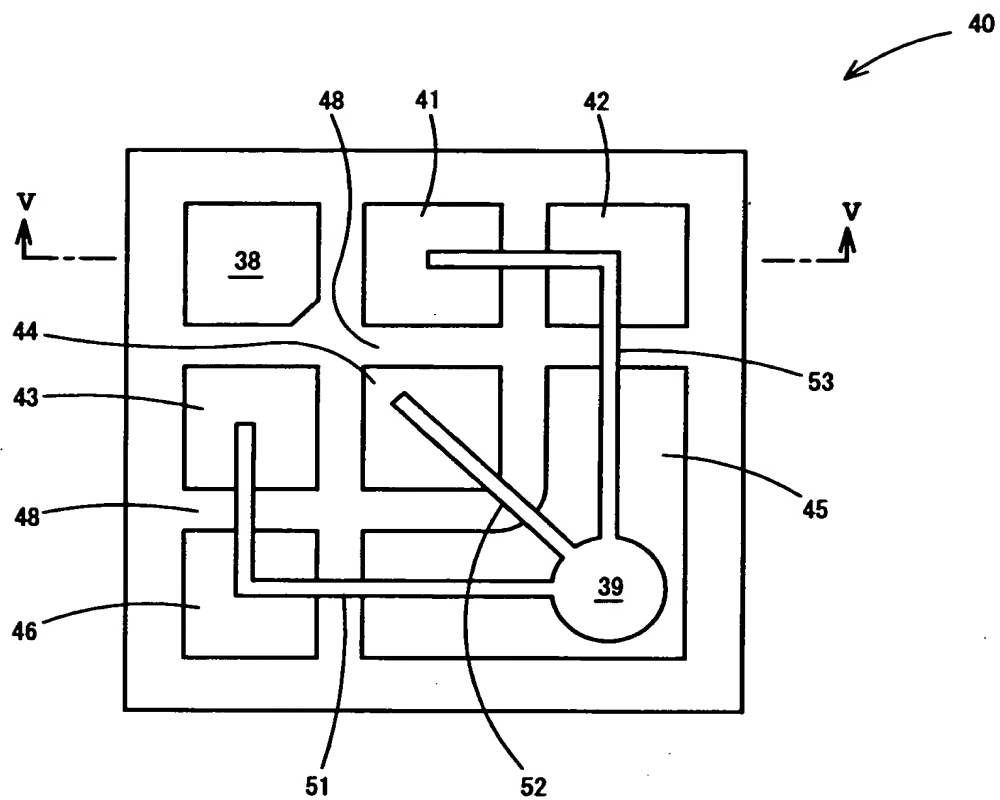
【図 2】



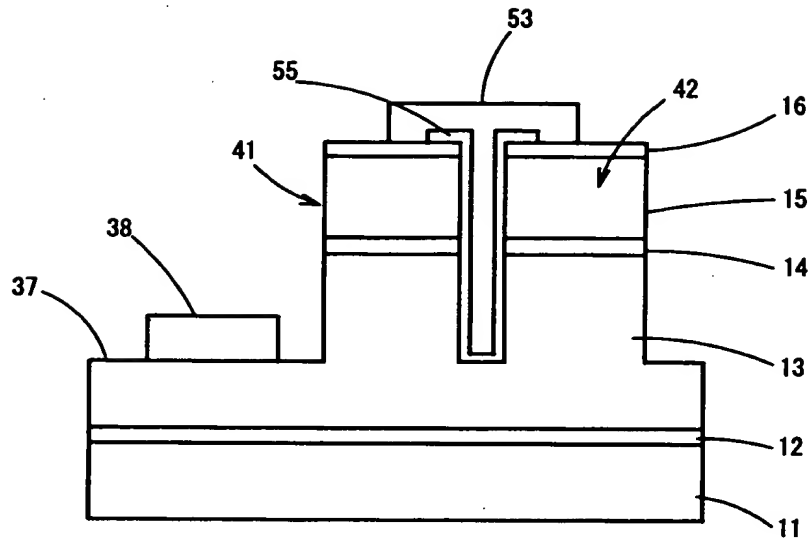
【図 3】



【図 4】



【図 5】



【書類名】 要約書

【要約】

【目的】 素子から横方向へ放出される光を利用して素子全体の発光効率乃至発光出力を向上させる。

【構成】 発光層を含む半導体積層部に対し、該半導体積層部の発光観測面から少なくとも発光層まで達する溝を形成し、この溝の開口部から光を放出させる。

【選択図】 図 3

認定・付加情報

特許出願の番号	特願2000-208070
受付番号	50000864083
書類名	特許願
担当官	第五担当上席 0094
作成日	平成12年 7月11日

<認定情報・付加情報>

【提出日】	平成12年 7月10日
-------	-------------

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000241463]

1. 変更年月日 1990年 8月 9日
[変更理由] 新規登録
住 所 愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1番地
氏 名 豊田合成株式会社